10.22092/sppi.2022.358999.1258

"مجله نهال و بذر"
جلد ۳۷، شماره ۴، سال ۱۴۰۰

مقاله پژوهشی

ارزیابی تحمل تنش خشکی در ژنوتیپ های گندم نان (*Triticum aestivum* L.) زمستانه دیم

Evaluation of Drought Tolerance in Rainfed Winter Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes

مظفر روستایی[۱]، جعفر جعفرزاده[۲] و رسول اسلامی[۳]

۱- دانشیار، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم، سازمان تحقیقات،آموزش وترویج کشاورزی، مراغه، ایران.

۲- استادیار، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم، سازمان تحقیقات،آموزش وترویج کشاورزی، مراغه، ایران.

۳- محقق، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم، سازمان تحقیقات،آموزش وترویج کشاورزی، مراغه، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۱۸ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۰/۱۱/۱۶

چکیده

روستایی، م.، جعفرزاده، ج. و اسلامی، ر. ۱۴۰۰. ارزیابی تحمل تنش خشکی در ژنوتیپ های گندم نان (*Triticum aestivum* L.) زمستانه دیم. **مجله نهال و بذر ۳۷:** ۴۵۱-۴۲۵.

به منظور ارزیابی تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های گندم نان زمستانه تعداد ۴۸ ژنوتیپ (لاین و رقم) در دو محیط دیم و آبیاری تکمیلی در دو سال زراعی (۹۹- ۱۳۹۷) درایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه ارزیابی شدند. هرآزمایش در هر محیط در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با دو تکرار اجرا شد.تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثر سال، ژنوتیپ و اثر متقابل سال × ژنوتیپ بر تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روزتا رسیدگی فیزیولوژیکی، دوره پرشدن دانه، ارتفاع گیاه، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت معنی دار بود. میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط دیم ۱۷۰۷ کیلوگرم در هکتار بود. بیشترین عملکرد دانه در شرایط دیم به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۲۳، ۲۰ و ۲۶ با ۲۰۸۰، ۲۰۶۶، ۲۰۳۵ و ۱۹۹۹ کیلوگرم در هکتار بود و در شرایط آبیاری تکمیلی به ترتیب به ژنوتیپ‌های شماره ۱۳، ۷، ۱۱ و ۲۵ با ۳۰۴۴، ۳۰۱۴، ۲۹۴۳ و ۲۹۱۴ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت. آبیاری تکمیلی موجب افزایش ۷۳۸ کیلوگرم عملکرد دانه در هکتار، هشت سانتیمتر ارتفاع گیاه، سه گرم وزن هزار دانه و چهاردرصد شاخص برداشت شد. همبستگی معنی‌داری بین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی مشاهده نشد. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و شاخص‌های STI، HM، GMP،MP و YIدر شرایط دیم و آبیاری تکمیلی مشاهده شدکه بیانگر مناسب بودن این شاخص‌ها برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه مطلوب در هر دو شرایط می‌باشند. بر اساس نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی و نمودار سه بعدی، ژنوتیپ‌های شماره ۲۰، ۲۳ و ۲۶ به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی با عملکرد بالا در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی و ژنوتیپ‌های شماره ۱۳، ۷، ۱۱، ۲۵ و ۳۲ برای شرایط آبیاری تکمیلی شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: گندم نان، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن هزاردانه، شاخص تحمل به تنش خشکی

نگارنده مسئول: roustaii@yahoo.com تلفن: ۰۴۱۳۷۳۸۵۴۰۳

مقدمه

تأمین غذای کافی با کیفیت مطلوب برای افراد یک جامعه از مهمترین ارکان امنیت غذایی و توسعه پایدار هر کشور می‌باشد. در عصرحاضر با توجه به محدودیت منابع آب و افزایش روزافزون جمعیت و درنتیجه افزایش تقاضا برای محصولات غذایی، شرایط ایجاب می کند که از منابع محدود تولید به نحو بهینه استفاده شود. برای این منظور گزینش ژنوتیپ های متحمل به تنش خشکی که از پتانسیل عملکرد مناسبی در هر دو شرایط تنش و بهینه برخوردار باشند، ضروری است (Ehsani and Khaledi, 2003; Roostaei, 2015).

خشکی مهمترین عامل محدود کننده تولید موفقیت آمیز محصولات زراعی در سراسر جهان و بویژه در دیم‌زارها به حساب می آید و این عامل هنگامی ایجاد می شود که ترکیبی از عوامل فیزیکی و محیطی باعث تنش در گیاه شده و در نتیجه تولید را کاهش می‌دهند. یکی از راه‌های بسیار موثر ارتقاء عملکرد در واحد سطح تحت شرایط تنش، اصلاح و معرفی ارقام گندم متحمل به تنش خشکی با خصوصیات مرفولوژیکی و فنولوژیکی مناسب برای این شرایط است (Asadi *et al*., 2011).

تعیین مهم‌ترین صفات زراعی و اجزای عملکرد دانه گندم و همبستگی آنها با عملکرد دانه سبب می‌شود تا ارقام مناسب انتخاب و درجهت افزایش عملکرد در واحد سطح استفاده شوند. انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا تحت شرایط تنش خشکی به‌علت وراثت‌پذیری پایین عملکرد و وجود اثرمتقابل بالای ژنوتیپ× محیط پیچیده و مشکل می‌باشد (Blum, 2005). از سوی دیگر، یکی از چالش‌های مهم در ارزیابی ژنوتیپ‌ها در یک برنامه به‌نژادی همبستگی نامطلوب بین صفات می‌باشد (Yan and Rajcan, 2002; Xu *et al*., 2017; Yan and Fregeau-Reid, 2018).

میزان حساسیت یا مقاومت به تنش خشکی یک ژنوتیپ اغلب از طریق اندازه‌گیری تغییرات عملکرد دانه در شرایط تنش در برابر شرایط بدون تنش حاصل می‌شود که چندین شاخص برای ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌ها و ارقام در برابرخشکی شناسایی و معرفی شده اند (Mohammadi *et al*., 2011). نظر به اینکه تحمل به خشکی یک صفت پیچیده بوده و عوامل مختلفی در آن دخالت دارند، تصمیم‌گیری درباره گزینش ژنوتیپ‌ها از نظریک صفت، پیچیده وگاهی اوقات با نتایج متناقض همراه است. بنابراین به طور معمول با استفاده از بررسی همبستگی بین عملکرد دانه درشرایط تنش و بدون تنش و شاخص‌های کمی تحمل به تنش خشکی، مناسب‌ترین شاخص‌ها انتخاب می شوند. شاخص هایی که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه باشند، به عنوان مناسب‌ترین شاخص ها معرفی می‌شوند. زیرا با استفاده از این شاخص ها می توان ژنوتیپ های

باعملکرد بالا در هر محیط را شناسایی کرد و برای برآورد پایداری عملکرد دانه نیز از آنها استفاده کرد (Sio-Se Mardeh *et al.*, 2006).

ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) شیب تغییرات عملکرد دانه را به عنوان تابعی از تغییرات محیط‌های مختلف و به عنوان شاخص پایداری عملکرد معرفی کردند. فیشر و مائورر (Fischer and Maurer, 1978) شاخص حساسیت به تنش (Stress Susceptibility Index = SSI) که معیاری از نسبت تغییرات عملکرد دانه یک ژنوتیپ دردوشرایط تنش نسبت به شرایط بهینه است را معرفی کردند. روزیلی و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) شاخص‌های میانگین تولید (Mean Productivity = MP) و تحمل (Tolerance = TOL) رابرای ارزیابی واکنش گیاهان زراعی به شرایط تنش ارائه کرده وبیان داشتندکه ژنوتیپ‌هائی‌با MP بالاتر و TOLپایین تر از پایداری عملکرد بالاتری درشرایط تنش برخوردارهستند. دربین شاخص‌های معرفی شده توسط این محققان مقدار TOL براساس تفاوت میانگین عملکرد درشرایط بهینه وتنش محاسبه می‌شود.

فرناندز (Fernandez, 1992) با ارزیابی کارائی شاخص‌های تحمل معرفی شده توسط فیشرومائورر (Fischer and Maurrer, 1978) و روزیلی و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) شاخص تحمل به تنش (Stress Tolerance Index = STI) را معرفی کرد. بوسلاماوشاپاق (Bouslama and Schapaugh, 1984) شاخص پایداری (Yield Stability Index = YSI) راکه از نسبت عملکرد دانه هرژنوتیپ درشرایط تنش به عملکرد دانه همان ژنوتیپ درشرایط بدون تنش است را معرفی کردند. اشنیدر و همکاران (Schneider *et al.*, 1997) میانگین هارمونیک (Harmonic Mean = HM) رابه عنوان شاخصی برای ارزیابی گیاهان زراعی درشرایط تنش معرفی کردند. گاویوزی وهمکاران (Gavuzzi *et al.*, 1997) شاخص عملکرد (Yield Index = YI) که ازنسبت عملکرد دانه هرژنوتیپ درشرایط تنش به میانگین عملکرد دانه کلیه ژنوتیپ‌ها در آن شرایط محاسبه می‌شود را ارائه دادند.

این پژوهش برای گزینش ژنوتیپ های متحمل به تنش خشکی که از پتانسیل عملکرد مناسبی در هر دو شرایط تنش و بهینه برخوردار باشند، با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش خشکی، در دو شرایط دیم وآبیاری تکمیلی انجام شد.

مواد و رو ش ها

در این بررسی ۴۸ ژنوتیپ گندم نان زمستانه در دو محیط دیم و آبیاری تکمیلی به مدت دو سال زراعی (۹۹- ۱۳۹۷) درایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول۱). ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه در ۳۰ کیلومتری شرق مراغه و با ارتفاع ۱۷۵۰ متر از سطح دریا با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی واقع شده است.

جدول ۱- نام و شجره ژنوتیپ های گندم نان زمستانه دیم

Table 1. Name and pedigree of rainfed winter bread wheat genotypes

ژنوتیپ Genotype	Name /pedigree نام / شجره	منشاء Origin
G1	Tak-Ab (Check)	IWWIP
G2	Arvand//78Zhong291/Azar2 IRW2009-10-058-0MA-0MA-0MA-0MA-0MA-4MA	IRAN
G3	HGO94.9.1.37/2*NAVJ07	IWWIP
G4	ATTILA/2*PASTOR//YUMAI 29	IWWIP
G5	KARL/NIOBRARA//TAM200/KAUZ/3/TAM200/KAUZ	IWWIP
G6	Mahooti/6/Vee"s"/Pvn"s"/4/Cc//Cal/Sr/3/Kal/Bb/5/Sabalan IRW2009-10-115-0MA-0MA-0MA-0MA-0MA	DARI
G7	Systani/Sar-101 IRW2009-10-131-0MA-0MA-0MA-0MA-0MA	DARI
G8	Bocro-4/Shahi(Ir64…Ste//Weebill1IRW2009-10-142-0MA-0MA-0MA-0MA-0MA	DARI
G9	Sistani/3/KS82W409/SPN//TAM106/TX78V3630 IRW2009-10-143-0MA-0MA-0MA-0MA-0MA	DARI
G10	Azar-2/14- Gen Bank IRW2009-10-171-0MA-0MA-0MA-0MA-0MA	DARI
G11	Manning/Sdv1//Dogu88/3/GB1- 254 IRW2009-10-184-0MA-0MA-0MA-0MA-0MA	DARI
G12	F130-L-1-12//PONY/OPATA/3/Kharchia IRW2009-10-217-0MA-0MA-0MA-0MA-0MA	DARI
G13	F130-L-1-12//PONY/OPATA/3/Kharchia IRW2009-10-217-0MA-0MA-0MA-0MA-0MA	DARI
G14	Shahi/Prl"S"//Fenkang15/Sefid/3/316 Collection IRW2009-10-230-0MA-0MA-0MA-0MA-0MA	DARI
G15	Koohdasht/Rasad IRW2009-10-249-0MA-0MA-0MA-0MA-0MA	DARI
G16	Koohdasht/Wang Shuibai IRW2009-10-251-0MA-0MA-0MA-0MA-0MA	DARI
G17	Int F5 2014-44-0MA-1MA	IWWIP
G18	Int F5 2014-54-0MA-1MA	IWWIP
G19	Int F5 2014-70-0MA-3MA	IWWIP
G20	Int F5 2014-78-0MA-1MA	IWWIP
G21	MK 3744/BWKLDN-95 (23rdFAWWON)	IWWIP
G22	ID2619/5/GRTPL 6121/6/ID3910066/7/SHARK/F4105W2.1	IWWIP
G23	TX71A983.4/TX69D4812//PYN/3/VPM/MOS83.11.4.8//PEW/4/NS-55-	IWWIP
G24	DAGDAS/APCB-40	IWWIP
G25	Mahooti/6/Vee"s"/Pvn"s"/4/Cc//Cal/Sr/3/Kal/Bb/5/Sabalan IRW2009-10-115-0MA-0MA-0MA-0MA-0MA	DARI
G26	Maroon/Gahar IRW2009-10-006-0MAR-00SAR-0SAR-0SAR-0SAR-1SAR	DARI
G27	Systani/Sar-101 IRW2009-10-131--0MAR-00SAR-0SAR-0SAR-0SAR-2SAR	DARI
G28	Bocro-4/Shahi(Ir64…Ste//Weebill1 IRW2009-10-142-0Mar- -0MAR-00SAR-0SAR-0SAR-0SAR-2SAR	DARI
G29	SN64//SKE/2*ANE/3/SX/4/BEZ/5/SERI/6/VORONA/HD2402/7/F10S-1/8/Rsk/Nac/Sardari/5/Lr64/Iz1813//093-4413/No57/4/Sul66/6/Cno67/Mfd//Mon"s"/3/Seri/4/Shahi /7/Desconciod-7 IRW2009-10-204--0MAR-00SAR-0SAR-0SAR-0SAR-2SAR	DARI
G30	SN64//SKE/2*ANE/3/SX/4/BEZ/5/SERI/6/VORONA/HD2402/7/F10S-1/8/Rsk/Nac/Sardari/5/Lr64/Iz1813//093-4413/No57/4/Sul66/6/Cno67/Mfd//Mon"s"/3/Seri/4/Shahi /7/Desconciod-7 IRW2009-10-204-0Mar-0SAR-0SAR	DARI
G31	SN64//SKE/2*ANE/3/SX/4/BEZ/5/SERI/6/VORONA/HD2402/7/F10S-1/8/Rsk/Nac/Sardari/5/Lr64/Iz1813//093-4413/No57/4/Sul66/6/Cno67/Mfd//Mon"s"/3/Seri/4/Shahi /7/Desconciod-7 IRW2009-10-204--0MAR-00SAR-0SAR-0SAR-0SAR-6SAR	DARI

Table1. Continued

ادامه جدول ۱-

ژنوتیپ Genotype	Name /pedigree نام / شجره	منشاء Origin
G32	SARDARI-HD83//LINFEN875072/KAUZ/4/92 ZHONG 257//CNO79/PRL/3/ OK82282/ /BOW/NKTT IRW2009-10-214-0MAR-00SAR-0SAR-0SAR-0SAR-1SAR	DARI
G33	SARDARI-HD83//LINFEN875072/KAUZ/4/92 ZHONG 257//CNO79/PRL/3/ OK82282/ /BOW/NKTT IRW2009-10-214--0MAR-00SAR-0SAR-0SAR-0SAR-1SAR	DARI
G34	BITOP/MUFITBEY	IWWIP
G35	ZUSTRICH/SELYANKA	IWWIP
G36	KROSHKA/4/VORONA//MILAN/SHA7/3/MV17	IWWIP
G37	JI5418/MARAS/4/1D13.1/MLT/3/LFN/SDY//PVN/5/GALLYA-ARAL1	IWWIP
G38	BONITO-37//PYN/2*BAU	IWWIP
G39	CITARI-9/MV18-2000//STARSHINA	IWWIP
G40	FULLER/OVERLEY//KS980554-12-~9	IWWIP
G41	KS020446TM~2/KS020469TM~1//KAJAGGER	IWWIP
G42	CO050337-2/BYRD	IWWIP
G43	DARI-14 (22ndERWYT-C) -22	DARI
G44	55.1744/7C//SU/RDL/3/CROW/4/VS73.600/MRL/3/BOW//YR/TRF/5/BLOYKA /6/ZARGANA-3	IWWIP
G45	QUAIU//MILLENNIUM/NE93613	IWWIP
G46	KUPAVA/7/AU/3/MINN//HK/38MA/4/YMH/ERA/5/PMF//CNO/GLL/6/KAUZ//ALT AR 84/AOS/8/DEMIR	IWWIP
G47	ZCL/3/PGFN//CNO67/SN64/4/SERI/5/UA.2837/6/ATTILA/3*BCN/7/ZARGANA-6	IWWIP
G48	BONITO-37/MV10-2000/3/SHI#4414/CROWS"//GKSAGVARI/CA8055	IWWIP

IWWIP= International Winter Wheat Improvement Program, Turkey.
DARI = Dryland Agricultural Research Institute, Maragheh, Iran.

مزرعه آزمایشی در سال قبل آیش بود. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش مطابق جدول۲ ارائه شده است.آزمایشات دیم و آبیاری تکمیلی در هر سال در تاریخ ۱۰ الی ۱۵ مهر قبل از وقوع بارندگی های موثر پائیزه کشت شدند. آزمایش آبیاری تکمیلی در هر سال بلافاصله بعد از کاشت به میزان ۵۰ میلی متر (۵۰۰ مترمکعب در هکتار) آبیاری شد (Tavakkoli and Owise, 2002). در سال اول به دلیل بارندگی مناسب در بهار آبیاری دوم حذف شد، ولی در سال دوم (۹۹-۱۳۹۸) به دلیل کاهش میزان بارش‌ها و توزیع نامناسب آن، مقدار ۳۰ میلیمتر(۳۰۰ مترمکعب در هکتار) در اردیبهشت و در مرحله آبستنی آبیاری شد.

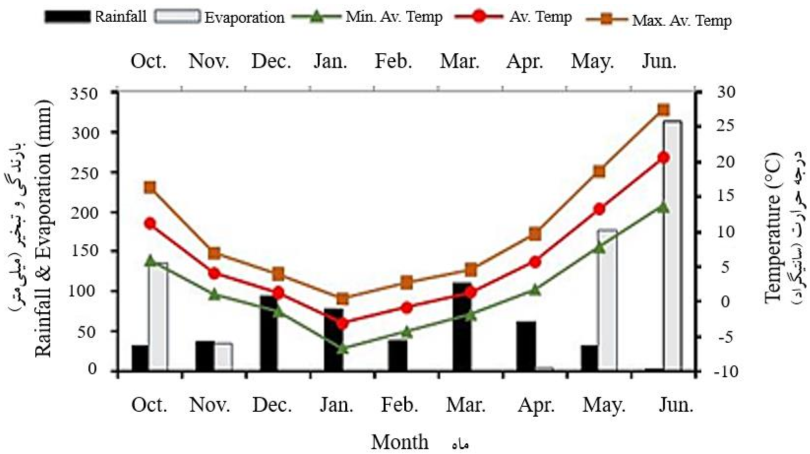
هرآزمایش در هر محیط در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با دو تکرار اجرا شد. بذر ژنوتیپ‌ها در شش خط شش متری با فاصله خطوط ۱۷/۵ سانتی متر و تراکم بذر بر اساس ۳۸۰ و ۴۰۰ دانه در مترمربع به ترتیب برای دیم و آبیاری تکمیلی کشت شدند. میزان کود مورد نیاز در هر سال بر اساس آزمون خاک (جدول۲) (مقدار ۸۰ کیلوگرم کود اوره و ۳۵ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل همزمان با کاشت به روش جایگذاری و مصرف ۴۰ کیلوگرم اوره سرک) مصرف شد.

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (قبل از کاشت) در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری

Table 2. Physico-chemical properties of the soil (pre-planting) in 0-30 cm depth

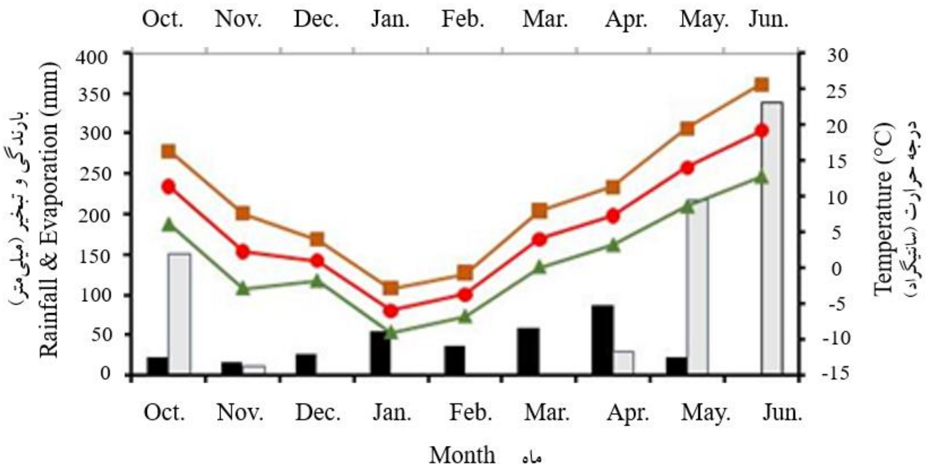
بافت Texture	درصد رس Clay (%)	درصد سیلت Silt (%)	درصد شن Sandy (%)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلو گرم) K_{ava} (mg.kg^{-1})	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلو گرم) P_{ava} (mg. kg^{-1})	درصد کربن آلی Organic carbon (%)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Ec (dS.m^{-1})	اسیدیته pH
Loamy	26	46	28	531	10.2	0.53	0.38	7.6

مقدار بارش ایستگاه مراغه در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ حدود ۴۹۴/۶ میلیمتر بود که در مقایسه با میانگین بلندمدت ۳۹/۷ درصد و نسبت به سال زراعی گذشته ۱۶/۸۷ درصد افزایش داشت. پراکنش فصلی بارش هادر پاییز ۱۴۸/۱، در زمستان ۱۸۲/۸ و در بهار ۱۶۳/۷ میلیمترگزارش شده است (شکل ۱). مقدار بارش ایستگاه مراغه در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ نیز ۳۲۶/۸ میلیمتر بود که در مقایسه با میانگین بلندمدت هشت درصد و نسبت به سال زراعی گذشته ۳۴ درصد کاهش داشت (شکل ۲). پراکنش فصلی بارش ها در پاییز ۵۳/۴، در زمستان ۱۵۱/۱ و در بهار ۱۲۲/۳ میلیمتر بود (Mahmoodi,2019; Mahmoodi, 2020).



شکل ۱- اطلاعات هواشناسی ایستگاه تحقیقاتی دیم مراغه در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷

Fig. 1. Meteorological information of Maragheh research field station in 2018-19 cropping cycle



شکل ۲- اطلاعات هواشناسی ایستگاه تحقیقاتی دیم مراغه در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸

Fig 2. Meteorological information of Maragheh research field station in 2019-20 cropping cycle

در طول اجرای آزمایش تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روزتا رسیدگی فیزیولوژیکی، دوره پرشدن دانه، ارتفاع گیاه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت یادداشت برداری، محاسبه و ثبت شد. در زمان برداشت نیم متر از ابتدا و انتهای هرکرت آزمایشی بعنوان اثر حاشیه حذف و بقیه کرت برداشت شد.

برای ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های مورد بررسی از شاخص‌های بهره‌وری متوسط (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، تحمل تنش (STI)، حساسیت به تنش (SSI)، تحمل (Tol)، شاخص عملکرد (YI)، پایداری عملکرد (YSI) و میانگین هارمونیک عملکرد (HM) استفاده شد، که در آن‌ها Yp و Ys به ترتیب عملکرد دانه هر ژنوتیپ در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم و $\bar{Y}p$ و $\bar{Y}s$ به ترتیب میانگین عملکرد دانه ;کلیه ژنوتیپ‌ها درشرایط آبیاری تکمیلی و دیم می‌باشند.

Index شاخص	Reference منبع
MP = (Ys+Yp)/2	Rosielle and Hamblin, 1981
$GMP=\sqrt{Ys+Yp}$	Fernandez, 1992
$STI=(Yp\times Ys)/\bar{Y}p^2$	Fernandez, 1992
SSI = [1-(Ys/Yp)]/SI	Fischer and Maurer, 1978
$SI=1-\frac{\bar{Y}s}{\bar{Y}p}$	Fischer and Maurer, 1978
YI = $Ys/\bar{Y}s$	Gavuzzi *et al*., 1997
YSI = Ys/Yp	Bouslama and Schapaugh, 1984
HM = [2× (Ys×Yp)] / (Ys+Yp)	Schneider *et al*., 1997
TOL = Yp - Ys	Rosielle and Hamblin, 1981

بعد از بررسی فرض نرمال بودن داده ها با استفاده از نرم افزار GenStat8، تجزیه داده ها و مقایسه میانگین ها توسط نرم افزارهای آماری GenStat8 و SAS انجام شد. بررسی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ ها با استفاده از روش غیر پارامتری بر اساس میانگین و انحراف معیار رتبه برای دو سال زراعی و میانگین آنها انجام شد (Fox and Rosielle, 1982).

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر محیط برکلیه صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر شاخص برداشت، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع گیاه، تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و طول دوره پرشدن دانه تفاوت‌معنی داری وجود داشت (جدول تجزیه واریانس ارایه

نشده است).

میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط دیم ۱۷۰۷ کیلوگرم در هکتار بود. بیشترین عملکرد دانه در شرایط دیم به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۲۳، ۲۰ و ۲۶ به ترتیب با ۲۰۸۰، ۲۰۶۶، ۲۰۳۵ و ۱۹۹۹ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). در این شرایط میانگین عملکرد دانه رقم تک آب (شاهد) ۱۸۴۴ کیلوگرم در هکتار بود. کمترین عملکرد دانه نیزبه ترتیب به ژنوتیپ‌های شماره ۴۰، ۴۱ و ۱۲ به ترتیب با ۱۱۳۹، ۱۲۸۵ و ۱۳۵۰ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت (جدول۳).

در این پژوهش ژنوتیپ‌های شماره ۱۵ و ۳۰ با ۱۴۸ روز تا ظهور سنبله زودرس ترین بودند و دیررس‌ترین ژنوتیپ شماره ۳۶ با ۱۵۷ روز و در رتبه بعدی به ژنوتیپ‌های ۴۴ و ۲۱ با ۱۵۶ روز بودند. ژنوتیپ شماره ۲۹ با ۱۸۳ روز و پس از آن ژنوتیپ‌های شماره ۱۵، ۲۶،۲۷، ۳۳، ۴۲ و ۴۳ با ۱۸۴ روز زودتر از بقیه به مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی رسیدند. ژنوتیپ‌های شماره ۴۸ و ۷ به ترتیب با ۱۹۰ و ۱۸۹ روز از نظر رسیدگی فیزیولوژیکی دیررس‌ترین بودند.

از نظر وزن هزار دانه تفاوت بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه معنی دار بود، بطوریکه بیشترین وزن هزار دانه مربوط به ژنوتیپ شماره ۳۷ با ۳۷ گرم بود و سپس ژنوتیپ‌های ۷، ۲۶، ۹، ۱۷ و ۱۱ به ترتیب با ۳۶، ۳۶، ۳۵، ۳۵ و ۳۵ گرم، وزن هزار دانه بیشتری داشتند (جدول۳). ژنوتیپ‌های شماره ۱۳ و ۴۸ با ۲۹ گرم کمترین وزن هزار دانه را دارا بودند (جدول۳). ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۱۵ و ۳۰ به ترتیب با ۳۹، ۳۸ و ۳۸ روز طولانی ترین و ژنوتیپ‌های شماره ۲۱، ۴۳، ۱۳ و ۳۶ به ترتیب با ۳۰، ۳۰، ۳۱ و ۳۱ روز کوتاه‌ترین طول دوره پرشدن دانه را دارا بودند.

بررسی ارتفاع گیاه ژنوتیپ‌های گندم مورد مطالعه در شرایط دیم نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۷، ۲، ۴۸ و ۸ با ۷۴ سانتیمتر و ژنوتیپ‌های شماره ۴۰، ۴۳، ۵ ،۱ و ۳۶ به ترتیب با ۵۲، ۵۳، ۵۴، ۵۶ و ۵۶ سانتیمتر به ترتیب بلندترین و کوتاه ترین ارتفاع گیاه را داشتند (جدول۳). نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۲۵ و ۲۶ به ترتیب با ۱۶۸۰۰ و ۱۵۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن متعلق به ژنوتیپ‌های شماره ۴ و ۵ به ترتیب با ۵۶۰۰ و ۶۴۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. بیشترین شاخص برداشت (۴۷ درصد) به ژنوتیپ‌های شماره ۹ و ۱۱ و کمترین آن (۲۴ درصد) به ژنوتیپ ۳۷ تعلق داشت. شاخص برداشت رقم شاهد تک‌آب ۳۸ درصد بود (جدول۳). همبستگی بین عملکرد دانه گندم با وزن هزاردانه، ارتفاع گیاه، تعداد پنجه در مترمربع، طول آخرین میانگره، تعداد دانه در سنبله، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در مثبت و معنی‌دارگزارش شده است (Sun *et al.*, 2006; Zhang *et al.*, 2006; Ahmadzadeh *et al.*, 2012).

جدول۳- میانگین خصوصیات زراعی ژنوتیپ های گندم نان زمستانه دیم تحت شرایط دیم ۹۹-۱۳۹۷

Table 3. Mean of agronomic traits of rainfed winter bread wheat genotypes under rainfed conditions in 2018-2020 cropping cycles

ژنوتیپ Genotype	روز تا ظهور سنبله DH (day)	روز تا رسیدن فیزیولوژیک DPM (day)	دوره پرشدن دانه (روز) GFD (day)	ارتفاع گیاه (سانتیمتر) PH (cm)	وزن هزاردانه (گرم) TGW (g)	عملکرد بیولوژیک(کیلوگرم در هکتار) BY (kg ha^{-1})	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) GY (kg ha^{-1})	درصد شاخص برداشت HI (%)
G1	154	187	33	56	30	8429	1844	38
G2	154	187	33	74	34	12300	1707	40
G3	149	187	39	67	32	9400	1581	34
G4	154	186	32	60	31	5600	2080	35
G5	154	188	35	54	30	6400	1622	38
G6	150	186	36	72	31	9300	1879	34
G7	153	189	36	74	36	7400	1499	39
G8	152	186	34	74	31	12000	1626	43
G9	151	188	37	71	35	12500	1859	47
G10	155	188	33	64	34	11600	1537	38
G11	153	187	33	65	35	12000	1712	47
G12	152	186	34	66	31	11400	1350	38
G13	155	186	31	68	29	8400	1822	37
G14	151	186	35	67	32	9600	1721	36
G15	148	185	38	70	33	7400	1846	37
G16	150	186	35	69	31	8400	1677	34
G17	153	187	34	70	35	10800	1864	32
G18	151	187	36	66	33	10200	1776	33
G19	153	187	34	70	32	10800	1797	32
G20	153	186	33	62	31	11200	2035	36
G21	156	186	30	62	30	12800	1716	31
G22	154	186	33	62	31	12800	1875	35
G23	152	187	35	61	33	9800	2066	35
G24	154	187	33	64	31	8360	1864	36
G25	151	187	35	72	31	16800	1866	39
G26	150	185	35	71	36	15200	1999	36
G27	151	185	35	70	33	13800	1887	37
G28	150	186	36	66	33	11600	1932	35

Table3. Continued

ادامه جدول ۳-

ژنوتیپ Genotype	روز تا ظهور سنبله DH (day)	روز تا رسیدن فیزیولوژیک DPM (day)	دوره پرشدن دانه (روز) GFD (day)	ارتفاع گیاه (سانتیمتر) PH (cm)	وزن هزاردانه (گرم) TGW (g)	عملکرد بیولوژیک(کیلوگرم در هکتار) BY (kg ha^{-1})	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) GY (kg ha^{-1})	درصد شاخص برداشت HI (%)
G29	150	183	34	61	32	9800	1554	33
G30	148	186	38	59	33	8650	1448	33
G31	150	186	37	61	34	7400	1725	35
G32	150	186	36	58	32	8700	1547	36
G33	150	185	35	61	33	12100	1773	33
G34	151	187	37	61	32	12000	1597	38
G35	153	187	35	67	31	11800	1680	31
G36	157	187	31	56	31	11400	1591	37
G37	155	187	32	65	37	10800	1513	24
G38	155	187	32	61	31	13200	1534	36
G39	152	186	34	66	31	12600	1511	38
G40	150	187	37	52	31	7600	1139	35
G41	151	186	35	69	32	9800	1285	31
G42	152	185	33	62	30	8600	1788	36
G43	155	185	30	53	30	8400	1647	39
G44	156	188	32	69	30	7800	1522	35
G45	153	187	34	61	32	8200	1742	32
G46	154	186	32	57	31	12600	1826	33
G47	154	188	34	70	30	10600	1661	34
G48	154	190	36	74	29	9600	1822	32
Mean	152	187	34	65	32	10372	1707	36
$LSD_{5\%}$						3476.00	560.20	3.23

GY = Grain yield, BY = Biological yield, TGW = Thousand grain weight, GFP = Grain filling duration, DPM = Day to physiological maturity, DH = Day to heading, PH = Plant height, HI = Harvest index.

بر اساس نتایج دوسال ارزیابی در شرایط آبیاری تکمیلی تفاوت ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه معنی دار بود و ژنوتیپ های شماره ۱۳، ۷، ۱۱ و ۲۵ به ترتیب با ۳۰۴۴، ۳۰۱۴، ۲۹۴۳ و ۲۹۱۴ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد دانه را دارا بودند و نسبت به شاهد در سطح احتمال پنج درصد برتر بودند (جدول ۴). ژنوتیپ‌های شماره ۳۲، ۱۰ و ۹ به ترتیب با ۲۸۷۸، ۲۸۲۸ و ۲۸۲۵ کیلوگرم در هکتار در رده بعدی ژنوتیپ های پرمحصول قرار داشتند. عملکرد دانه شاهد تک آب ۲۰۹۸ کیلوگرم در هکتار بود. ژنوتیپ های شماره ۵، ۴۰، ۴ و ۳ به ترتیب با ۱۸۰۶، ۱۹۵۷، ۱۹۹۳ و ۲۰۰۲ کیلوگرم در هکتارکمترین عملکرد دانه را در شرایط آبیاری تکمیلی داشتند (جدول۴).

ژنوتیپ شماره ۳۰ با ۱۸۸ روز و بعد از آن ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۳، ۱۶، ۲۰، ۲۵، ۲۷، ۲۸، ۳۱، ۳۲ و ۳۵ با ۱۸۹ روز زودتر از بقیه به مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی رسیدند. ژنوتیپ های شماره ۵ و ۲۱ با ۱۹۲ روز از نظر رسیدگی فیزیولوژیکی دیررس‌ترین بودند (جدول ۴). از نظر وزن هزار دانه نیزتفاوت بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه ۱۱ گرم بود بطوریکه بیشترین وزن هزاردانه مربوط به ژنوتیپ شماره ۹ با ۴۳ گرم و پس از آن ژنوتیپ های ۷، ۱۰، ۲، ۱۴ و ۱۵ با ۳۹ گرم در رتبه بعدی قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های شماره ۴۲، ۵، ۴۰ و ۱ به ترتیب با ۳۱، ۳۲، ۳۲ و ۳۲ گرم کمترین وزن هزاردانه را دارا بودند (جدول۴). طولانی ترین طول دوره پرشدن دانه مربوط به ژنوتیپ‌های شماره۳۳، ۲۹، ۳۲، ۲۸ و۳ به ترتیب با ۴۴، ۴۳، ۴۳، ۴۳ و ۴۳ روز بود و کوتاهترین طول دوره پرشدن دانه به ژنوتیپ‌های شماره ۳۷، ۲۱، ۲۲، ۳۶ و۴۴ به ترتیب با ۳۴، ۳۵، ۳۵، ۳۵ و۳۵ روز تعلق داشت (جدول۴).

بررسی ارتفاع گیاه ژنوتیپ‌های گندم نان زمستانه دیم در شرایط آبیاری تکمیلی نشان داد که ژنوتیپ های شماره ۱۷، ۷ و ۲۵ به ترتیب با ۸۸، ۸۶ و ۸۶ سانتیمتر و ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۱ و ۴۳ به ترتیب با ۵۶، ۵۸ و ۵۹ سانتیمتر به ترتیب بلندترین و کوتاهترین ارتفاع گیاه را داشتند (جدول۴). نتایج نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۲۱، ۳۹ و۳۶ به ترتیب با ۱۹۱۰۰، ۱۸۴۰۰ و ۱۸۱۰۰کیلوگرم در هکتار بود و کمترین آن به ژنوتیپ های شماره ۴ و ۵ به ترتیب با ۵۷۰۰ و ۸۸۰۰کیلوگرم در هکتار تعلق داشت (جدول۴). بیشترین شاخص برداشت مربوط به ژنوتیپ های شماره۴۷، ۷، ۴۳ و ۴۶ به ترتیب با ۴۶، ۴۵، ۴۵ و ۴۵ درصد بود. ژنوتیپ‌های شماره ۱۸، ۴۴ و ۳۷ به ترتیب با ۳۲ ، ۳۵ و ۳۵ درصد کمترین مقدار شاخص برداشت را دارا بودند. شاخص برداشت رقم شاهد تک‌آب ۴۳ درصد بود (جدول۴).

استفاده از ارقامی که آب قابل دسترس را با کارائی بیشتری مصرف کرده و قادر به تحمل خشکی باشند یک هدف اساسی برای افزایش عملکرد و تولید در مناطق خشک ونیمه خشک

جدول۴- میانگین خصوصیات زراعی ژنوتیپ های گندم نان زمستانه دیم تحت شرایط آبیاری تکمیلی ۹۹-۱۳۹۷

Table 4. Mean of agronomic traits of rainfed bread wheat genotypes under supplemental irrigation conditions in 2018-2020 cropping cycles

ژنوتیپ Genotype	روز تا ظهور سنبله DH (day)	روز تا رسیدن فیزیولوژیک DPM (day)	دوره پرشدن دانه (روز) GFD (day)	ارتفاع گیاه (سانتیمتر) PH (cm)	وزن هزاردانه (گرم) TGW (g)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) BY (kg ha^{-1})	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) GY (kg ha^{-1})	درصد شاخص برداشت HI (%)
G1	154	191	37	58	32	9857	2098	43
G2	152	189	38	81	39	13714	2406	40
G3	146	189	43	67	37	10571	2002	40
G4	153	190	38	60	35	5714	1993	42
G5	154	192	38	56	32	8857	1806	43
G6	151	190	39	83	37	11429	2661	43
G7	152	190	38	86	39	13143	3014	45
G8	151	191	40	77	35	13857	2302	41
G9	151	190	40	83	42	14000	2825	37
G10	153	191	38	77	39	14286	2828	40
G11	150	190	40	78	36	15000	2943	44
G12	149	190	42	76	34	13143	2109	43
G13	153	189	37	77	34	15143	3044	42
G14	151	190	40	74	39	12143	2548	42
G15	149	190	41	78	39	8857	2543	42
G16	151	189	38	76	36	10714	2512	39
G17	152	190	38	88	38	14143	2642	37
G18	149	190	41	70	35	11857	2180	32
G19	153	191	37	83	34	14143	2481	37
G20	153	189	36	67	33	13429	2574	41
G21	157	192	35	74	36	19143	2694	40
G22	156	190	35	63	33	14571	2223	40
G23	152	190	39	74	35	13429	2579	41
G24	154	190	36	66	35	11857	2345	38
G25	151	189	39	86	33	17143	2914	40
G26	153	190	37	79	35	18143	2501	43
G27	147	189	42	72	38	15571	2527	41

Table4. Continued

ادامه جدول ۴-

ژنوتیپ Genotype	روز تا ظهور سنبله DH (day)	روز تا رسیدن فیزیولوژیک DPM (day)	دوره پرشدن دانه (روز) GFD (day)	ارتفاع گیاه (سانتیمتر) PH (cm)	وزن هزاردانه (گرم) TGW (g)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) BY ($kg\ ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) GY ($kg\ ha^{-1}$)	درصد شاخص برداشت HI (%)
G28	146	189	43	71	36	15000	2029	40
G29	147	190	43	73	38	10429	2594	40
G30	146	188	42	69	37	13143	2212	37
G31	147	189	42	71	37	16000	2622	41
G32	146	189	43	69	36	16143	2878	39
G33	146	190	44	69	37	15429	2754	42
G34	151	190	38	72	35	15357	2483	41
G35	154	189	36	80	33	17143	2532	39
G36	156	191	35	62	35	15857	2189	38
G37	157	191	34	66	35	15857	2134	35
G38	154	191	37	64	33	16714	2348	41
G39	149	190	41	69	33	18429	2320	41
G40	149	190	41	63	32	12143	1957	41
G41	149	190	41	78	36	16429	2666	37
G42	153	191	38	74	31	12714	2382	40
G43	153	190	37	59	34	10286	2507	45
G44	155	190	35	78	33	11000	2139	35
G45	151	191	39	74	36	10286	2201	44
G46	155	190	36	70	34	11429	2506	45
G47	155	191	37	69	36	13429	2216	46
G48	154	191	37	84	33	12286	2373	41
Mean	151	190	39	73	35	13528	2445	40
$LSD_{5\%}$				11.23	4.23	5430	985.32	8.23

GY = Grain yield, BY = Biological yield, TGW = Thousand grain weight, GFD = Grain filling duration, DPM = Day to physiological maturity, DH = Day to heading, PH = Plant height, HI = Harvest index.

می‌باشد. برخی از ارقام جدید گندم نه تنها به افزایش نهاده‌ها پاسخ مثبت می‌دهند بلکه کارایی آنها در استفاده از نهاده‌ها نیز افزایش یافته است. عملکرد یک صفت پلی‌ژنیک است که توسط چندین ژن کنترل می‌شود. صفات پلی‌ژنیک دارای خصوصیاتی مانند تاثیرپذیری شدید از محیط می‌باشند، بنابراین با تغییرات محیطی ممکن است تغییرات قابل توجهی در عملکرد دانه بوجود آید (Zi-Zhenli*et al.*, 2004; Maleki *et al.*, 2008).

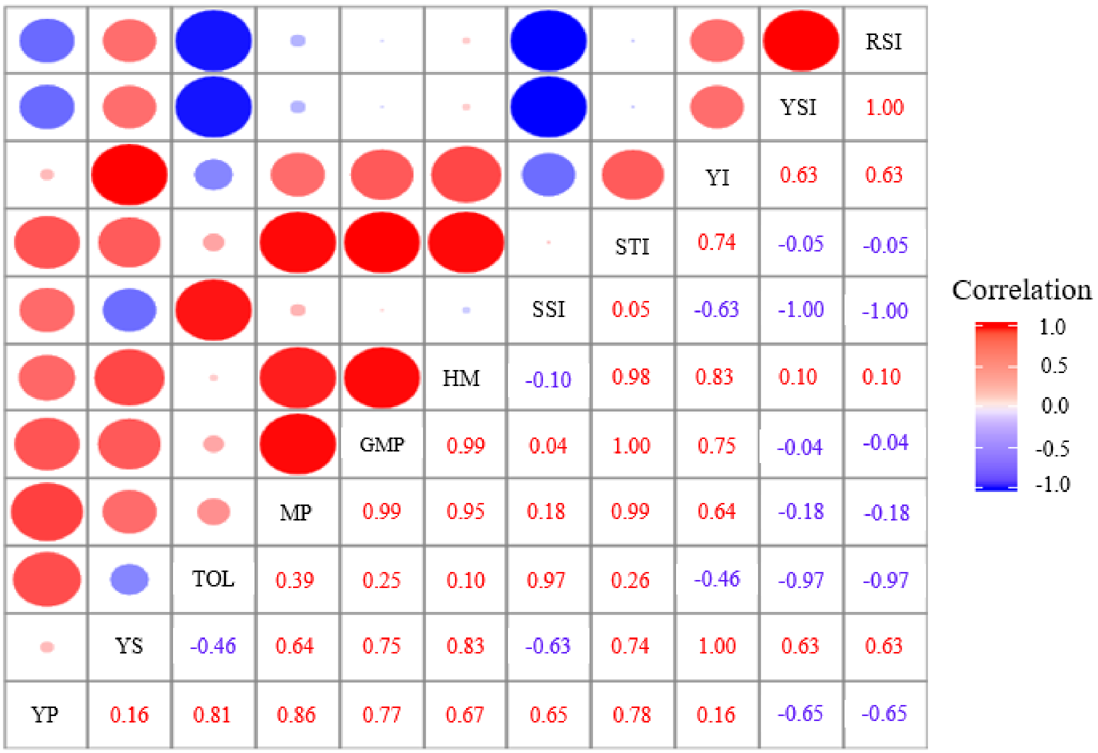
زی زنلی و همکاران (Zi-Zhenli *et al.*, 2004) نشان دادند که آبیاری در شرایط خشکی بویژه در مرحلهٔ زایشی تاثیر مهمی بر روی رشد گیاه و تشکیل عملکرد دانه دارد. کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی در نتیجه کاهش تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه گزارش شده است (Samarah, 2005). گوتیری و همکاران (Gutteiri *et al.*, 2001) نشان دادند که کمبود آب می تواند در ارقام مختلف گندم اثرمتفاوتی در کاهش تعداد دانه در سنبله ها ایجاد کند. آنها نشان دادند که کمبود رطوبت منجر به کاهش عملکرد دانه از طریق کاهش وزن دانه و بویژه تعداد دانه در سنبله می شود.

با توجه به تغییرات ایجاد شده در شرایط اقلیمی در سال‌های اخیر و لزوم تامین نیاز غذائی مردم در داخل کشور، افزایش تولید گندم و توجه جدی به تولید پایدار آن در مناطق خشک از طریق معرفی ارقام جدید پر محصول با کیفیت نانوایی و ارزش غذایی بالا از طریق برنامه های به نژادی ضروری می باشد. میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ های گندم در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم به ترتیب ۲۴۴۴ و ۱۷۰۷ کیلوگرم در هکتار بود. میانگین ارتفاع گیاه ژنوتیپ های گندم در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم به ترتیب ۷۳ و ۶۵ سانتیمتر بود. میانگین وزن هزار دانه ژنوتیپ های گندم در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم به ترتیب ۳۵ و ۳۲ گرم بود. میانگین شاخص برداشت ژنوتیپ های گندم در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم به ترتیب ۴۰ و ۳۶ درصد بود (جدول۳ و۴).

آبیاری تکمیلی موجب افزایش ۷۳۸ کیلوگرمی عملکرد دانه، هشت سانتیمتری ارتفاع گیاه ژنوتیپ‌ها، سه گرم وزن هزار دانه و چهاردرصد شاخص برداشت و همچنین افزایش طول دوره پرشدن دانه ژنوتیپ‌های گندم زمستانه دیم مورد بررسی گردید (جدول ۳ و ۴). بر اساس گزارشات متعدد در شرایط محدودیت آب، استفاده از یک آبیاری تکمیلی حداقل در زمان مناسب می‌تواند عملکرد دانه و بهره‌وری مصرف آب را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش دهد. نتایج این پژوهش با نتایج تحقیقات انجام شده توسط سایر محققان در این زمینه مطابقت دارد (Oweis*et al.*, 1998; Oweis *et al.*2001; Tavakoli and Oweis, 2002; Kocheki*et al.*, 2012).

بررسی ضرایب همبستگی‌های بین صفات مختلف در این پژوهش نشان داد بین عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی (بدون تنش)

(Yp) و دیـــم (تـــنش)(Ys) همبســـتگی غیرمعنی‌داری مشاهده شد (جدول۵). ایـن نشـان می دهد که عملکرد بالا در شرایط مطلـوب دال برعملکرد بالا در شرایط دیم و بالعکس نشد که بـا نتـایج سـنگی و همکـاران (Sangi *et al.*, 2021) در تنـاقض می‌باشـد. البتـه شـاخص‌های میـانگین بهـره‌وری (MP)، میـانگین هندسـی بهرهوری (GMP)، میـانگین هارمونیـک (HM) و شاخص تحمل به تنش (STI) همبستگی مثبت و معنی‌داری را با یکدیگر و عملکرد دانه در هر دو شرایط دیـم و آبیـاری تکمیلـی نشـان دادنـد (شکل ۳). بنابراین‌شاخص‌های مذکور می‌توانند به عنـوان شـاخص هـای مناسـب بـرای انتخـاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا درهردوشرایط تـنش و بـدون تـنش مـورد اسـتفاده قـرار گیرنـد. ایـن یافته‌ها با نتـایج تحقیقـات محمـدی و همکـاران (Mohammdi *et al.*, 2011)، گـل آبـادی و همکـــاران (Golabadi *et al.*, 2008) و انوروهمکاران (Anwar *et al.*, 2011) مطابقت داشت.



شکل۳– ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط دیم (Ys) و آبیاری تکمیلـی(Yp) و شـاخص‌های تحمل به تنش خشکی

Fig. 3. Correlation coefficients between grain yield under rainfed (Ys) and supplemental irrigation (Yp) conditions and drought tolerance indices

جدول ۵- میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم) در شرایط دیم وآبیاری تکمیلی و شاخص‌های تحمل به خشکی برای ژنوتیپ‌های گندم نان زمستانه دیم

Table 5. Mean grain yield (kg ha^{-1}) under rainfed and supplemental irrigation conditions and drought tolerance indices for rainfed winter beard wheat genotypes

ژنوتیپ Genotype	عملکرد دانه در شرایط بهینه Yp	عملکرد دانه در شرایط تنش Ys	تحمل TOL	میانگین بهره وری MP	میانگین هندسی GMP	میانگین هارمونیک HM	شاخص حساسیت به تنش SSI	شاخص تحمل به تنش STI	شاخص عملکرد YI	شاخص پایداری عملکرد YSI
G1	2098	1844	254	1971.00	1966.90	1962.82	0.40	0.65	1.08	0.88
G2	2406	1707	699	2056.50	2026.58	1997.10	0.96	0.69	1.00	0.71
G3	2002	1581	421	1791.50	1779.09	1766.77	0.70	0.53	0.93	0.79
G4	1993	2080	-87	2036.50	2036.04	2035.57	-0.14	0.69	1.22	1.04
G5	1806	1622	184	1714.00	1711.53	1709.06	0.34	0.49	0.95	0.90
G6	2661	1879	782	2270.00	2236.07	2202.65	0.97	0.84	1.10	0.71
G7	3014	1499	1515	2256.50	2125.56	2002.21	1.67	0.76	0.88	0.50
G8	2302	1626	676	1964.00	1934.70	1905.83	0.97	0.63	0.95	0.71
G9	2825	1859	966	2342.00	2291.65	2242.39	1.13	0.88	1.09	0.66
G10	2828	1537	1291	2182.50	2084.86	1991.59	1.51	0.73	0.90	0.54
G11	2943	1712	1231	2327.50	2244.64	2164.73	1.39	0.84	1.00	0.58
G12	2109	1350	759	1729.50	1687.35	1646.23	1.19	0.48	0.79	0.64
G13	3044	1822	1222	2433.00	2355.03	2279.56	1.33	0.93	1.07	0.60
G14	2548	1721	827	2134.50	2094.06	2054.40	1.08	0.73	1.01	0.68
G15	2543	1846	697	2194.50	2166.65	2139.16	0.91	0.79	1.08	0.73
G16	2512	1677	835	2094.50	2052.47	2011.28	1.10	0.70	0.98	0.67
G17	2642	1864	778	2253.00	2219.16	2185.84	0.98	0.82	1.09	0.71
G18	2180	1776	404	1978.00	1967.66	1957.37	0.61	0.65	1.04	0.81
G19	2481	1797	684	2139.00	2111.48	2084.32	0.91	0.75	1.05	0.72
G20	2574	**2035**	539	2304.50	2288.69	2272.98	0.69	0.88	1.19	0.79
G21	2694	1716	978	2205.00	2150.09	2096.56	1.20	0.77	1.01	0.64
G22	2223	1875	348	2049.00	2041.60	2034.22	0.52	0.70	1.10	0.84
G23	2579	**2066**	513	2322.50	2308.29	2294.17	0.66	0.89	1.21	0.80
G24	2345	1864	481	2104.50	2090.71	2077.02	0.68	0.73	1.09	0.79
G25	2914	1866	1048	2390.00	2331.85	2275.11	1.19	0.91	1.09	0.64
G26	2501	**1999**	502	2250.00	2235.96	2222.00	0.67	0.84	1.17	0.80
G27	2527	1887	640	2207.00	2183.68	2160.60	0.84	0.80	1.11	0.75
G28	2029	**1932**	97	1980.50	1979.91	1979.31	0.16	0.66	1.13	0.95
G29	2594	1554	1040	2074.00	2007.75	1943.62	1.33	0.67	0.91	0.60
G30	2212	1448	764	1830.00	1789.69	1750.26	1.15	0.54	0.85	0.65
G31	2622	1725	897	2173.50	2126.72	2080.95	1.13	0.76	1.01	0.66
G32	2878	1547	1331	2212.50	2110.04	2012.32	1.53	0.75	0.91	0.54
G33	2754	1773	981	2263.50	2209.72	2157.21	1.18	0.82	1.04	0.64
G34	2483	1597	886	2040.00	1991.32	1943.80	1.18	0.66	0.94	0.64
G35	2532	1680	852	2106.00	2062.46	2019.83	1.12	0.71	0.98	0.66
G36	2189	1591	598	1890.00	1866.20	1842.70	0.91	0.58	0.93	0.73
G37	2134	1513	621	1823.50	1796.87	1770.63	0.96	0.54	0.89	0.71
G38	2348	1534	814	1941.00	1897.85	1855.66	1.15	0.60	0.90	0.65
G39	2320	1511	809	1915.50	1872.30	1830.08	1.16	0.59	0.89	0.65
G40	1957	1139	818	1548.00	1492.99	1439.94	1.39	0.37	0.67	0.58
G41	2666	1285	1381	1975.50	1850.89	1734.15	1.72	0.57	0.75	0.48
G42	2382	1788	594	2085.00	2063.74	2042.69	0.83	0.71	1.05	0.75
G43	2507	1647	860	2077.00	2032.00	1987.98	1.14	0.69	0.96	0.66
G44	2139	1522	617	1830.50	1804.32	1778.51	0.96	0.54	0.89	0.71
G45	2201	1742	459	1971.50	1958.10	1944.78	0.69	0.64	1.02	0.79
G46	2506	1826	680	2166.00	2139.15	2112.63	0.90	0.77	1.07	0.73
G47	2216	1661	555	1938.50	1918.53	1898.78	0.83	0.62	0.97	0.75
G48	2373	1822	551	2097.50	2079.33	2061.31	0.77	0.72	1.07	0.77
Mean	2445	1707	737	2075.83	2036.92	1999.14	0.97	0.70	1.00	0.71
Standard deviation	293.1	194.9	324.96	188.50	182.35	180.75	0.36	0.12	0.11	0.11

Yp: Yield optimum (supplemental irrigation), Ys: Yield stress (rainfed conditions), TOL: Tolerance, MP: Mean productivity, GMP: Geometric mean productivity, HM: Harmonic mean, SSI: Stress susceptibility index, STI: Stress tolerance index, YI: Yield index, YSI: Yield stability index.

همبستگی بالا بین شاخص‌های STI،MP وGMP باYs عملکرد دانه در شرایط تنش (Ys) و آبیاری تکمیلی (Yp) در این مطالعه با نتایج مطالعات سایر محققان همسو بود (Mirzova*et al.*, 2016; Abou-Elwafa, 2016; Ahmed *et al.*, 2016). بر اساس نظر فرناندز (Fernandez, 1993) شاخص‌های GMP و STI همبستگی بالایی با عملکرد درشرایط تنش و بدون تنش دارند. بنابراین این شاخص‌ها ابزار مناسبی برای برآوردپایداری عملکرد دانه وگزینش ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا هستند. ملکی و همکاران (Maleki *et al.*, 2009) نیز شاخص‌های GMP،MP وSTI را به عنوان مناسب ترین شاخص‌ها برای شناسایی تحمل به خشکی در گندم معرفی کردند.

در این پژوهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی (Ys) با شاخص‌های TOL وSSI همبستگی منفی و معنی‌دار و با شاخص‌های YI و YSI همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد (شکل ۳). در حالیکه عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی (Yp) با شاخص‌هایTOL و SSI همبستگی مثبت معنی‌دار و با شاخص‌های YI و YSI به ترتیب همبستگی غیرمعنی‌دار و منفی معنی‌دار نشان داد (شکل۳). بنابراین این شاخص‌ها می‌توانند برای شناسایی ژنوتیپ‌های سازگار به شرایط آبیاری تکمیلی و دیم مورد استفاده قرار گیرند. محسنی و همکاران (Mohseni *et al.*, 2015) شاخص‌های MP، GMP و HM را برای انتخاب ژنوتیپ های با پتانسیل عملکرد دانه و پایداری عملکرد بالا در شرایط تنش رطوبتی به عنوان شاخص‌های مناسب معرفی کردند.

سی و سه مرده و همکاران (Sio-Se Mardeh *et al.*, 2006) بیان کردند که شاخص‌هایی که در هر دو شرایط تنش وغیرتنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد باشند، به عنوان شاخص های مناسب برای گزینش ژنوتیپ های متحمل به تنش بودند. زیرا این شاخص ها قادر به شناسایی ژنوتیپ های باعملکرد بالا در هر محیط هستند و می توان از آنها برای برآورد پایداری عملکرد دانه استفاده کرد. برخی از صفات مهم مرتبط با تحمل به خشکی در گیاهان از جمله: عملکرد دانه واجزای عملکرد، به تاخیر افتادن پیری، فنولوژی مناسب، خصوصیات ریشه، انتقال مواد ذخیره‌ای به ساقه وطول کلیوپتیل گزارش شده اند (Khanna-Chopra andSing, 2015). نتایج پژوهش های متعدد دیگر (Mirzova*et al.*, 2016; Abou-Elwafa, 2016; Ahmed *et al.*, 2016) نیزشاخص‌های STI،MP و GMP که دارای بالاترین همبستگی با عملکرد دانه در شرایط تنش وعدم تنش بودند را به عنوان شاخص های مناسب برای گزینش ژنوتیپ های متحمل به تنش معرفی کردند.

در این پژوهش ژنوتیپ‌های شماره ۱۳، ۲۵ و ۲۳ مقدار بیشتری برای شاخص‌های HM، STI ، GMP، MP ،YI و ژنوتیپ‌های شماره ۴۰، ۱۲ و ۵ مقادیرکمتری را برای این شاخص‌ها نشان

دادند (جدول۵). ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۲۸، ۵ و ۱ دارای مقدار بیشتر و ژنوتیپ‌های شماره ۴۱، ۷، ۳۲ و ۱۰ مقادیر کمتر برای شاخص YSIبودند (جدول ۵). از نظر شاخص TOL ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۲۸ و ۵ مقدار کمتر و ژنوتیپ‌های شماره ۷، ۴۱ و ۳۲ مقادیر بیشتری را به خود اختصاص دادند. برای شاخص SSI نیز ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۲۸، ۵ و ۱ دارای مقدار کمترو ژنوتیپ‌های شماره ۴۱، ۷، ۳۲ و ۱۰ مقدار بیشتر داشتند (جدول۵).

ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی، دیم و شاخص‌های تنش خشکی رتبه‌بندی و میانگین و انحراف معیار رتبه برای آنها در جدول۶ ارائه شده است. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۲۳، ۲۰ و ۲۶ کمترین میانگین و انحراف معیار رتبه را داشتند و از نظر عملکرد دانه در شرایط دیم به ترتیب رتبه‌های ۲، ۳ و ۴ را به خود اختصاص دادند (جدول۶). بعضی ژنوتیپ ها در شرایط دیم عملکرد دانه بیشتر از شرایط آبیاری تکمیلی داشتند که این می‌تواند به دو دلیل باشد ۱) وجود دمای خنک در دوره پرشدن دانه و نیز توسعه بیشتر بیماری در شرایط آبیاری تکمیلی ۲) وجود ژنوتیپ‌هایی که به طور ذاتی متحمل به شرایط کم آبی بویژه شرایط کم آب و دیم می‌باشند.

نجفیان (Najafian, 2009) با ارزیابی ۲۹۱ ژنوتیپ گندم نان در شرایط آبیاری تکمیلی و تنش خشکی گزارش کرد که بعضی ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش خشکی عملکرد دانه برتر از شرایط آبی داشتند. اوعلت آن را استقرار و توسعه بیشتر عوامل بیماریزا در شرایط بهینه مرتبط دانست. فرناندز (Fernandez, 1993) براساس پژوهشی که بر روی شاخص‌های گزینش برای ارزیابی تحمل به تنش در گیاهان انجام داد بیان کرد که بعضی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش راندمانی بهتر از شرایط بهینه داشتند.

وجود همبستگی بالا بین شاخص‌های تحمل به خشکی و همچنین همبستگی بالای آنها با عملکرد دانه در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی نشان داد که می‌توان این شاخص‌ها را به صورت مولفه‌های مستقل تعریف و ژنوتیپ‌ها را براساس آنها گروه‌بندی نمود. برای این منظور از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (جدول ۷) و رسم بای‌پلات (شکل۴) استفاده شد. وجود همبستگی‌های بالا بین شاخص‌های تحمل به تنش خشکی با یکدیگر و همچنین با عملکرد دانه در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی در شکل۴ نشان داده شده است. بطوری‌که زاویه منفرجه بین بردارها نشانگر همبستگی منفی بین شاخص‌ها، زاویه قائمه نشانه مستقل بودن آنها و زاویه حاده بیانگر همبستگی مثبت بین شاخص‌ها می‌باشد (Yan and Kang, 2002). وجود زوایای حاده بین شاخص‌های STI ، MP، GMP، HM و YI بیانگر وجودهمبستگی مثبت و معنی‌دار این شاخص‌ها با یکدیگر و با عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی(Yp) و شرایط دیم (Ys) بود (شکل۴A).

جدول ۶- رتبه‌بندی ژنوتیپ‌های گندم نان زمستانه دیم با استفاده از عملکرد دانه (کیلوگرم درهکتار) شرایط دیم وآبیاری تکمیلی و شاخص‌های تحمل به خشکی

Table 6. Ranking of rainfed winter beard wheat genotypes using grain yield (kg ha^{-1}) under rainfed and supplemental irrigation conditions and drought tolerance indices

ژنوتیپ Genotype	عملکرد دانه در شرایط بهینه Yp	عملکرد دانه در شرایط تنش Ys	تحمل TOL	میانگین بهروری MP	میانگین هندسی GMP	میانگین هارمونیک HM	شاخص تحمل به حساسیت SSI	شاخص تحمل به تنش STI	شاخص عملکرد YI	شاخص پایداری عملکرد YSI	میانگین رتبه AR	انحراف معیار رتبه SD
G1	43	14	4	36	34	31	4	34	14	4	20.18	15.47
G2	27	27	24	28	29	27	22	29	27	22	25.82	2.79
G3	45	36	7	45	45	43	12	45	36	12	30.73	16.24
G4	46	1	1	31	27	21	1	27	1	1	14.36	16.47
G5	48	33	3	47	46	46	3	46	33	3	28.27	20.69
G6	11	7	28	7	7	7	25	7	7	25	14.18	9.28
G7	2	44	48	9	16	26	47	16	44	47	31.45	17.87
G8	33	32	20	37	36	36	24	36	32	24	30.36	6.17
G9	7	12	38	3	4	5	30	4	12	30	15.91	13.28
G10	6	39	45	16	21	28	45	21	39	45	31.82	14.01
G11	3	26	44	4	6	9	44	6	26	44	23.27	18.21
G12	42	46	25	46	47	47	39	47	46	39	42.09	6.63
G13	1	16	43	1	1	2	42	1	16	42	18.82	19.41
G14	17	24	32	20	19	19	27	19	24	27	23.18	4.73
G15	18	13	23	15	12	12	19	12	13	19	15.91	3.83
G16	21	29	33	24	25	25	28	25	29	28	26.82	3.22
G17	12	10	27	10	9	8	26	9	10	26	15.73	8.40
G18	39	20	6	33	33	32	6	33	20	6	21.27	13.33
G19	26	18	22	19	17	15	20	17	18	20	19.27	2.94
G20	16	**3**	12	6	5	4	11	5	3	11	**7.91**	**4.41**
G21	9	25	39	14	13	14	40	13	25	40	24.73	12.87
G22	34	8	5	29	26	22	5	26	8	5	15.73	11.58
G23	15	**2**	11	5	3	1	7	3	2	7	**5.73**	**4.29**
G24	31	10	9	22	20	17	9	20	10	9	15.09	7.44
G25	4	9	42	2	2	3	38	2	9	38	17.00	17.65
G26	24	**4**	10	11	8	6	8	8	4	8	**9.00**	**5.42**
G27	20	6	19	13	11	10	16	11	6	16	13.09	4.76
G28	44	5	2	32	32	30	2	32	5	2	17.09	16.62
G29	14	37	41	27	30	35	41	30	37	41	34.00	8.34
G30	36	45	26	43	44	44	33	44	45	33	38.73	6.69
G31	13	23	37	17	15	16	31	15	23	31	22.91	8.37
G32	5	38	46	12	18	24	46	18	38	46	30.64	15.56
G33	8	21	40	8	10	11	36	10	21	36	21.55	13.09
G34	25	34	36	30	31	34	37	31	34	37	33.27	3.74
G35	19	28	34	21	24	23	29	24	28	29	26.18	4.35
G36	38	35	16	41	40	39	18	40	35	18	30.73	10.67
G37	41	42	18	44	43	42	23	43	42	23	34.91	10.55
G38	30	40	30	38	38	38	34	38	40	34	35.82	3.63
G39	32	43	29	40	39	40	35	39	43	35	37.27	4.45
G40	47	48	31	48	48	48	43	48	48	43	45.00	5.16
G41	10	47	47	34	41	45	48	41	47	48	41.45	11.31
G42	28	19	15	25	23	20	14	23	19	14	19.45	4.89
G43	22	31	35	26	28	29	32	28	31	32	29.64	3.56
G44	40	41	17	42	42	41	21	42	41	21	33.55	10.81
G45	37	22	8	35	35	33	10	35	22	10	23.36	12.09
G46	23	15	21	18	14	13	17	14	15	17	16.73	3.07
G47	35	30	14	39	37	37	15	37	30	15	27.64	10.60
G48	29	16	13	23	22	18	13	22	16	13	18.00	5.35

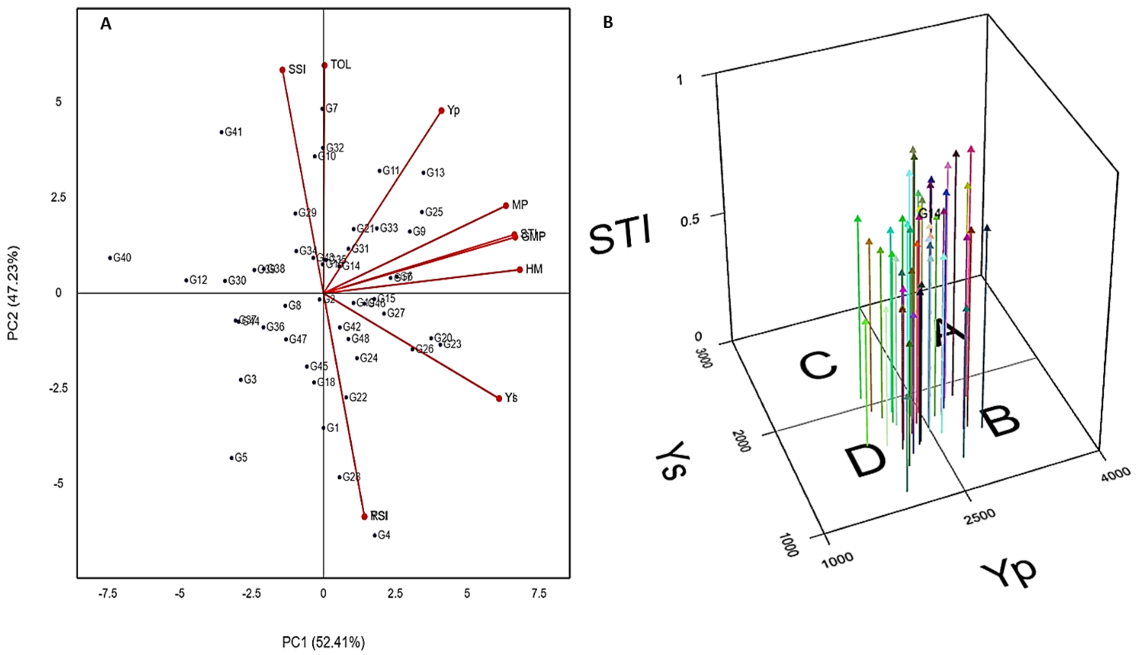
Yp: Yield optimum (supplemental irrigation), Ys: Yield stress (rainfed conditions), TOL: Tolerance, MP: Mean productivity, GMP: Geometric mean productivity, HM: Harmonic mean, SSI: Stress susceptibility index, STI: Stress tolerance index, YI: Yield index, YSI: Yield stability index, AR: Average rank, and SD: Standard deviation.

جدول ۷- نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی برای شاخص‌های تحمل به تنش خشکی و عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی ژنوتیپ‌های گندم نان زمستانه

Table 7. Principal components analysis for drought tolerance indices and grain yield (kg ha^{-1}) under rainfed and supplemental irrigation conditions of rainfed winter bread wheat genotypes

مولفه اصلی Principle component	مقدار ویژه Eigen value	واریانس (درصد) Variance (%)	واریانس تجمعی (درصد) Cumulative variance (%)	Coefficient ضریب									
				عملکرد در شرایط بهینه Yp	عملکرد در شرایط تنش Ys	تحمل TOL	میانگین بهره وری MP	میانگین هندسی GMP	میانگین هارمونیک HM	شاخص حساسیت به تنش SSI	شاخص تحمل به تنش STI	شاخص عملکرد YI	شاخص پایداری عملکرد YSI
PC1	5.766	52.415	52.415	0.248	0.370	0.002	0.384	0.404	0.413	-0.086	0.402	0.370	0.086
PC2	5.195	47.231	99.646	0.350	-0.202	0.437	0.168	0.108	0.045	0.428	0.113	-0.202	-0.428

Yp: Yield optimum (supplemental irrigation), Ys: Yield stress (rainfed conditions), TOL: Tolerance, MP: Mean productivity, GMP: Geometric mean productivity, HM: Harmonic mean, SSI: Stress susceptibility index, STI: Stress tolerance index, YI: Yield index, YSI: Yield stability index.



شکل۴- نمودار بای‌پلات برای ژنوتیپ‌های گندم نان زمستانه دیم بر اساس مؤلفه‌های اول و دوم (A) و نمودار سه‌بعدی بر اساس شاخص های STI، Ys و Yp (B)

Fig. 3. Biplot for rainfed winter bread wheat genotypes based on the first and second components (A) and 3D biplot based on STI, Yp and Ys (B)

تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که بیشترین تغییرات بین داده‌ها را دو مولفه اول (PC1) و دوم (PC2) به ترتیب با ۵۲/۴۱ و ۴۷/۲۳ درصد توجیه کردند. همچنین این دو مولفه به ترتیب دارای مقادیر ویژه ۵/۷۶۶ و ۵/۱۹۵ بودند (جدول ۷). در این پژوهش مولفه اول همبستگی مثبت و بالایی با شاخص‌های YI، STI، HM، GMP، MP و Ys داشت که نشانگر ارتباط این مولفه با عملکرد دانه و تحمل به خشکی بود که با نتایج سنگی و همکاران (Sangi *et al.*, 2021) مطابقت داشت. مولفه دوم همبستگی مثبت و بالایی با شاخص‌های SSI، TOL و Yp و همبستگی منفی بالایی با شاخص YSI نشان داد که بیانگر ارتباط این مولفه با حساسیت به خشکی و عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی بود (جدول۷).

بنابراین ژنوتیپ‌هایی که دارای مقادیر بیشتر مولفه اول و مقادیر کمتر مولفه دوم بودند متحمل به خشکی و عملکرد مطلوب در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی و برعکس ژنوتیپ‌هایی که دارای مقادیر کمتر مولفه اول و مقادیر بیشتر مولفه دوم بودند برای شرایط آبیاری تکمیلی (بدون تنش) مناسب بودند. براین اساس می توان نتیجه گیری کرد که

ژنوتیپ‌های ۲۳، ۲۰ و ۲۶ با داشتن مقادیر PC1 بیشتر و PC2 کمتر متحمل به تنش خشکی و دارای عملکرد مطلوب در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی بودند (شکل۴ و جدول۷).

برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی نمودار سه بعدی با استفاده ازSTI، Yp و Ys رسم شد(شکل۴B). این شکل روابط متقابل شاخص STI با عملکرد دانه در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی را به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های گروه A (متحمل به خشکی و عملکرد بیشتر در هر دو شرایط) از گروه‌های B، C و D را نشان می‌دهد (Fernandez, 1993; Farshadfar *et al.*, 2018). در این شکل ژنوتیپ‌های شماره ۲۰، ۲۳ و ۲۶ در گروه A قرار گرفتند و دارای عملکرد دانه مطلوب و پایداری عملکرد دانه در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی بودند (شکل ۴B). همچنین تعداد ۲۲ ژنوتیپ در گروه B (عملکرد مطلوب در شرایط آبیاری تکمیلی) قرار گرفتند که ژنوتیپ‌های شماره ۱۳، ۷، ۱۱، ۲۵ و ۳۲ با بالاترین عملکرد دانه برای این شرایط قابل توصیه می‌باشند (شکل ۴B و جدول۷). در گروه C (عملکرد مطلوب در شرایط دیم) تنها ژنوتیپ شماره ۴ وتعداد ۲۲ ژنوتیپ درگروه D (عملکرد دانه پایین در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی) قرار گرفتند (شکل ۴B).

نتیجه گیری

تنش خشکی عملکرد دانه کلیه ژنوتیپ‌ها بجز ژنوتیپ شماره ۴ را کاهش داد و همبستگی معنی‌داری بین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی مشاهده نشد. همبستگی‌های مثبت و معنی‌داری بین شاخص‌های MP ، GMP، HM، STI و YI با عملکرد دانه در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی مشاهده شد که بیانگر مناسب بودن این شاخص‌ها برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه مطلوب در هر دو شرایط می‌باشند.

بر اساس نتایج بدست آمده از تجزیه به مولفه‌های اصلی و نمودار سه بعدی، ژنوتیپ‌های شماره ۲۰، ۲۳ و ۲۶ به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی با عملکرد مطلوب در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی و ژنوتیپ‌های شماره ۱۳، ۷، ۱۱، ۲۵ و ۳۲ برای شرایط آبیاری تکمیلی شناسایی شدند.

سپاسگزاری

نگارندگان بدینوسیله از همکاران بخش تحقیقات غلات و خدمات فنی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم که در اجرای این پژوهش همکاری داشتند سپاسگزاری می کنند.

References

Abou-Elwafa S. F., 2016. Association mapping for yield and yield-contributing traits in barley under drought conditions with genome-based SSR markers. Comptes Rendus Biologies 339 (5):153-162.

Ahmadizadeh, M., Valizadeh, M., Shahbazi, H., and Nori, A. 2012. Behavior of durum wheat genotypes under normal irrigation and drought stress conditions in the greenhouse. African Journal of Biotechnology 11(8): 1912-1923.

Ahmed, I. M., Nadira, U. A., Zang, G., and Wu, F. 2016. Exploration and utilization of drought-tolerant barley germplasm. pp. 115-152. In: Zhang, G., and Li, C. (eds.) Exploration, identification and utilization of barley germplasm. Elsevier Inc.

Anwar J, M. Subhani, G., Hussain, M., Ahmad, J., Hussain, M., and Munir, M. 2011. Drought tolerance indices and their correlation with yield in exotic wheat genotypes. PakistanJournal of Botany 43 (3): 1527-1530.

Asadi, H., Neyshabouri, M., and Seiyadat, H. 2003. Determining the susceptibilityof wheat to water stress at different stages ofgrowthin Karaj. Iranian Journal of Agricultural Sciences (3): 579-586 (in Persian).

Blum, A. 2005. Drought resistance, water use efficiency and yield potential: are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? Australian Journal of Agricultural Research 56: 1159- 1168.

Bouslama, M., and Schapaugh, W. 1984. Stresstolerance in soybeans. I. Evaluation of thre escreening techniques for heat and droughttolerance. Crop Science 24: 933-937.

Ehsani, M., and Khaledi, H. 2003. Water productivity in agriculture. Iranian National Committee of Irrigation and Drainage. 115 pp.

Farshadfar, E., Poursiahbidi, M. M., and Safavi, S. M. 2018. Assessment of drought tolerance in landraces of bread wheat based on resistance/tolerance indices. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research1:143-158.

Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp. 257-270. In: Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress. 13-16 Aug. 1992. Shanhua, Taiwan.

Fernandez, G. C. J. 1993. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp. 257-270. In: Kuo, C. G. (ed.) Adaptation of food crops to temperature and water stress. AVRDC, Shanhua, Taiwan.

Fischer, R., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research 29: 897-912.

Fox, D. N., and Rosielle, A. 1982. Reducing the influence of environmental main effects of plant breeding environments. Euphytica 31: 645-656.

Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campanile, R., Ricciardi, G., and Borghi, B. 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. Canadian Journal of Plant Science 77: 523-531.

Golabadi, M., Arzani, A., and Mirmohammadi Maibody, S. A. M. 2008. Evaluation of Influence of late-season moisture stress on yield and morpho-physiological characteristics of F3 families of durum wheat. Iranian Agriculture Research 6: 405- 418.

Khanna-Chopra, R., and Singh, K. 2015. Drought resistance in crops: physiological and genetic basis of traits for crop productivity. pp. 267-292. In: Tripathi, B. N., and Müller, M. (eds.) Stress Responses in Plants. Springer.

Koocheki, A. R., Sorkhi Lalehloo, B., and Eslamzadeh-Hesari, M. R. 2012. Yield stability of barley elite genotypes in cold regions of Iran using GGE biplot. Seed and Plant Improvement Journal 28-1(3): 533-543 (in Persian).

Mahmoodi, H. 2019. Climate data of DARI research stations in 2018-2019 cropping season.

Mahmoodi, H. 2020. Climate data of DARI research stations in 2019-2020 cropping season.

Maleki, A., Babaei, F., Cheharsooghi Amin, H., Ahmadi, J., and Asadi Dizaji, A. 2008. The study of seed yield stability and drought tolerance indices of bread wheat genotypes under irrigated and non-Irrigated conditions. Research Journal of Biological Sciences 3(8): 841-844.

Maleki, A., Saba, J., and Shekari, F. 2009. Inheritance of relative water content in wheat leaf (*Triticum aestivum* L.) under dryland conditions. Journal of Agricultural Knowledge19 (2): 183-177 (in Persian).

Mirzova, K., Holaskova, E., Oz, M. T., Jiskrova, E., Frebort, I., and Galuszka, P., 2016. Transgenic barley: a prospective tool for biotechnology and agriculture. Biotechnology Advances 32: 137-157.

Mohammadi, R., Roostaei, M, Haghparast, R., Roohi, E., Kazemi, S., Ahmadi, M.M., Abediasl, G., and Amri, A. 2010. Genotype × environment interaction for grain yield in rainfed winter wheat multi-environmental trials in Iran. Agronomy Journal 102 (5): 1500-1510.

Mohseni, M., Mortazavian, S. M. M., Ramshini, H. A.و and Foghi, B. 2015.

Evaluation of drought tolerance in some wheat genotypes based on selection indices. Iranian Journal of Field Crops Research 13 (3): 524-542 (in Persian).

Najafian, G., 2009. Drought tolerance indices, their relationships and manner of application to wheat breeding programs. Middle Eastern and Russian Journal of Plant Science and Biotechnology 3 (1): 25-34.

Oweis, T., Pala, M., and Ryan, J. 1998. Stabilizing rainfed wheat yields with supplemental irrigation and nitrogen in a Mediterranean climate. Agronomy Journal 90: 672-681.

Oweis, T., Salkini, A., Zhang, H., Ilbeyi, A. Hustun, H. Dernek, Z., and Erdem, G. 2001. Supplemental irrigation potential for wheat in the central Anatolian plateau of Turkey, ICARDA. 37 pp.

Roostaei, M., Sadeqzadeh, D., Hasanpour-Hosni, M., Zadhasan, I., Rezaei, R., Eslami, R., Abdiasl G., Soleimani, K., Roohi, I., Sanjari, A., Hesami, A., Nadermahmodi, K., Haghparast, R., Aghaee M., Ahmadi, M. M., Daryei, A., Afshari, F., Torabi, M., Dehghan, M., and Mardokhi, V. 2013. Tak-Ab, a new winter bread wheat cultivar for supplementary irrigation conditions in cold dryland areas of Iran. Research Achievements for Field and Horticulture Crops 2 (3): 177-186 (in Persian).

Rosielle, A., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Science 21: 943-946.

Sangi S. A., Najafi A., Chghamieza K., and Mohammadi, R. 2022. Evaluation of drought tolerance indices in durum wheat (*Triticumdurum* L.) genotypes. Environmental Stresses in Agricultural Sciences 14 (4): 911-901 (in Persian).

Samarah, N. H. 2005. Effects of drought stress on growth and yield of barley. Agronomy for Sustainable Development 25: 145- 149.

Schneider, K. A., Rosales Serna, R., Ibarra Perez, F., Cazares Enriquez, B., Acosta Gallegos, J. A., Ramirez Vallejo, P., Wassimi, N., and Kelly, J. D. 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Science 37: 43-50.

Sio-SeMardeh, A., Ahmadi, A., Postini, K. and Mohammadi, V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crops Research 98: 222-229.

Sun, H. Y., Liu, C. M., Zhang, X. Y., Shen, Y. J., and Zhang, Y. Q. 2006. Effects of irrigation on water balance, yield ofsummer maize under minimum irrigation in the North China Plain. Agronomy 98: 1620-1626.

Tavakkoli, A. R. 2004. Effect of supplementary irrigation and different rate of nitrogen on grain yield and yield completive in Sabalan cultivar. Seed and Plant Improvement Journal (19): 367-380 (in Persian).

Tavakkoli, A. R., and Owise, T. Y. 2002. The role of supplemental irrigation and nitrogen in producing bread wheat in the highlands of Iran. Agricultural Water Management 65: 225-236.

Xu, N., Fok, M., Li, J., Yang, X., and Yan, W. 2017. Optimization of cotton variety registration criteria aided with a genotype- by-trait biplot analysis. Scientific Reports 7: 1-10.

Yan, W., and Fregeau-Reid, J. 2018. Genotype by yield × trait (GYT) Biplot: a novel approach for genotype selection based on multiple traits. Scientific Reports 8: 1-10.

Yan, W., and Rajcan, I. 2002. Biplot evaluation of test sites and trait relations of soybean in Ontario. Crop Science 42: 11–20.

Yan, W., and Kang, M. S. 2003. GGE Biplot analysis: a graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC Press. Boca Raton, FL, USA. 286 pp.

Zhang, X. Y., Pei, D., Chen, S. Y., Sun, H. Y., and Yang, Y. H. 2006. Performance of double-cropped winter wheat –summer maize under minimum irrigation in the North China Plain. Agronomy 98: 1620-1626.

Li., Z. Z. Li, W. D., and Li, W. L. Li. 2004. Dry-period irrigation and fertilizer application affect water use and yield of spring wheat in semi- arid regions. Agricultural Water Management 65 (2): 133-143.